

CARTILHA NR 13

DIVERSOS ASPECTOS PRÁTICOS
PARA ENGENHEIROS MECÂNICOS
E EMPRESAS QUE POSSUAM
ESTES EQUIPAMENTOS

**CALDEIRAS
VASOS DE PRESSÃO
TUBULAÇÕES
TANQUES DE ARMAZENAMENTO**



REALIZAÇÃO



COLABORAÇÃO



CREA-MG
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Minas Gerais



APOIO



CREA
Conselhos Regionais de Engenharia
e Agronomia

PATROCÍNIO



Para maiores informações,
gentileza contatar a ABEMEC-MG
no site www.abemec.com.br

Isenção de responsabilidade

Este documento é baseado em informação da legislação vigente e de outras fontes, e foi organizado pela ABEMEC-MG.
O CREA-MG declina a responsabilidade tanto pelo conteúdo como por todas as medidas tomadas ou não com base no presente estudo.
Este estudo é apenas para fins de informações gerais.

REALIZAÇÃO



ASSOCIAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA
E INDUSTRIAL DE MINAS GERAIS

COLABORAÇÃO



CREA-MG

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Minas Gerais



Abertura

O Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais (Crea-MG) tem como uma de suas missões valorizar e fomentar o desenvolvimento profissional de todos aqueles que integram as áreas das engenharias, da agronomia e das geociências.

Estamos convictos das responsabilidades e do quanto queremos avançar no atendimento aos profissionais e às empresas e na defesa da sociedade, impedindo a atuação de pessoas inabilitadas em serviços da área técnica.

A sociedade atual exige soluções cada vez mais inovadoras, práticas e sustentáveis para o avanço socioeconômico e ambiental. Para isso, o conhecimento técnico é indispensável: ele é a base para gerar as transformações que tanto buscamos.

Esta cartilha “NR13 – Caldeiras, vasos de pressão, tubulações, tanques de armazenamento”, produzida pela Associação de Engenharia Mecânica e Industrial de Minas Gerais (Abemec-MG), é mais um material que disponibilizamos, por meio do Chamamento Público, para apoiar o aperfeiçoamento contínuo das profissões regulamentadas pelo Sistema Confea/Crea. A publicação destaca as principais mudanças na NR13, que é uma norma regulamentadora de segurança e saúde no trabalho que trata de caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento. As alterações foram determinadas pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE).

Nossos profissionais são essenciais para garantir a segurança, a eficiência e o crescimento em inúmeros setores, e é justamente por isso que o Crea-MG reafirma seu compromisso em investir na excelência e na valorização das profissões.

Com isso, contribuímos não só para fomentar a competência profissional, mas para o avanço da sociedade como um todo.

Uma boa leitura!

Engenheiro civil e de Segurança do trabalho Marcos Venícius Gervásio
Presidente do Crea-MG



CREA-MG





Índice

1	Introdução.....	5
2	Quando se deve emitir ART do CREA?.....	6
2.1	Inspeção dos equipamentos da NR13.....	6
2.1.1	Caldeiras.....	6
2.1.2	Vasos de Pressão.....	7
2.1.3	Tubulações.....	9
2.1.4	Tanques de Armazenamento.....	10
2.2	Inspeção e Teste dos Dispositivos de Segurança.....	10
2.3	Treinamento dos operadores de caldeiras e vasos de pressão.....	12
2.4	Plano de Manutenção para as Tubulações de Vapor de Água.....	12
3	O que de mais grave pode ocorrer com os equipamentos submetidos à pressão?.....	13
3.1	Explosões de caldeiras.....	13
3.2	Explosões de vasos de pressão.....	14
3.3	Explosões de tubulações.....	15
4	O que deve conter os relatórios de inspeção?.....	16
4.1	Caldeiras.....	16
4.2	Vasos de Pressão.....	18
4.3	Tubulações.....	20
4.4	Tanques de Armazenamento.....	22
5	Qual a documentação deve existir das caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques de armazenamento?.....	23
5.1	Caldeiras.....	23
5.2	Vasos de Pressão.....	23
5.3	Tubulações.....	24
5.4	Tanques de Armazenamento.....	24
6	A inspeção pode ocorrer em caldeiras ou vasos de pressão sem prontuário? Como reconstituir o prontuário?.....	25
6.1	Planejamento da Inspeção citado no seu item 4.2.2:.....	25
6.2	Inspeção de Reconstituição de Prontuário no seu item 5.4.3:.....	26
7	Quem dimensiona as válvulas de segurança (dispositivos de segurança)?.....	27
8	Em que documentos o Ministério do Trabalho se baseia para elaborar as multas e interdições?.....	30
9	Quais os critérios para se definir os fluidos combustíveis, inflamáveis e tóxicos nos vasos de pressão?.....	31
10	Por que as tubulações de vapor de água são mencionadas na NR13?.....	33
11	Como deve ser executada a inspeção nos equipamentos para atender a NR13?.....	34
12	O que pode ocorrer devido a explosões com danos materiais e morte de pessoas?.....	35
	Bibliografia.....	37
	Ficha Técnica.....	38





1 Introdução

Ao ministrar diversos treinamentos relativos à norma NR13 (Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques de Armazenamento), nos últimos 18 anos (2006 a 2024), houveram uma série de dúvidas e perguntas dos participantes a respeito da aplicação desta norma.

Com o objetivo de expandir esta informação e estimular uma maior profundidade nestas discussões foi elaborado esta Cartilha da norma NR13. Esta norma possui “Força de Lei”.

Este assunto tem sido bastante discutido em função dos riscos dos equipamentos citados da NR13, tendo esta norma recebido diversas revisões recentes:

- Portaria MTE n.º 594, de 28 de abril de 2014 publicada no D.O.U em 02/05/14;
- Portaria MTb n.º 1.084, de 28 de setembro de 2017 publicada no D.O.U em 29/09/17;
- Portaria MTb n.º 1.082, de 18 de dezembro de 2018 publicada no D.O.U em 20/12/18;
- Portaria MTP n.º 1.846, de 01 de julho de 2022 publicada no D.O.U em 04/07/22.

Por outro lado, existem diversas normas nacionais e internacionais que se referem a este tema que são importantes referências e serão mencionadas neste documento:

a) Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho

- NR3: Interdição;
- NR13: Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques de armazenamento;
- NR15: Atividades e Operações Insalubres;
- NR20: Combustíveis e Inflamáveis;
- NR28: Fiscalização e Penalidades.

b) Códigos de Construção

- AD 2000 Merkblatt: Design of Pressure Vessels;
- ASME I: Rules for Construction of Power Boilers;
- ASME VIII: Rules for Construction of Pressure Vessels;
- ASME B31.3: Process Piping.

c) Normas ABNT

- NBR 15358: Rede de distribuição interna para gases combustíveis em instalações industriais Projeto e execução;
- NBR 15417: Vasos de Pressão – Inspeção de segurança em serviço.

d) Normas API

- API 510: Pressure Vessel Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration;
- API 520: Sizing, Selection and Installation of Pressure-relieving Devices in Refineries;
- API 570: Piping Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair and Alteration of Piping Systems;



- API 574: Inspection Practices for Piping System Components;
- API 620: Recommended rules for design and construction of large welded, low-pressure storage tanks;

- API 653: Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction.

e) Normas Petrobrás

- N-2318. Inspeção em Serviço de Tanque de Armazenamento Atmosférico;

- N-2555. Inspeção em Serviço de Tubulações;

- N-2619. Inspeção em Serviço de Vasos de Pressão;

- N-2789. Inspeção em Serviço de Tanques Atmosféricos de Uso Geral.

2 Quando se deve emitir ART do CREA?

Em todas as atividades de exercício da engenharia é necessária a emissão de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART-CREA):

2.1 Inspeção dos equipamentos da NR13

2.1.1 Caldeiras

A NR13 (2022) define as caldeiras no seu glossário:

“Caldeiras: equipamentos destinados a rodurzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer nte de energia, projetados conforme códigos ertinentes, excetuando-se refervedores e milares”.

Na Figura 01 é apresentado um exemplo e Caldeira Flamotubular; normalmente nquadrada na Categoria B (RODRIGUES, 2019).

As caldeiras devem ser inspecionadas de cordo com a sua Categoria. A NR13 define a ategoria das caldeiras conforme o item 3.4.1.1:

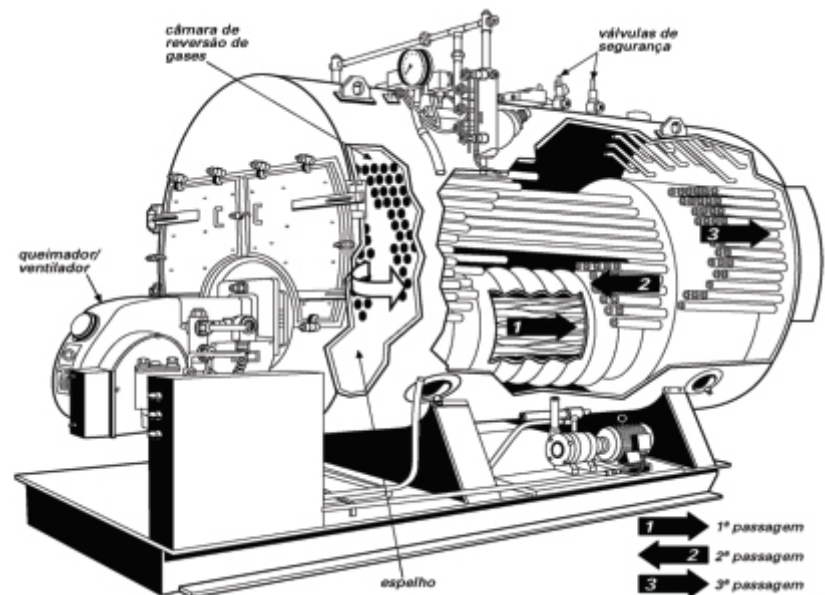


Figura 1 – Caldeira Flamotubular





“13.4.1.1 Para os propósitos desta NR, as caldeiras devem ser categorizadas da seguinte forma:

- a) caldeiras da **categoria A** são aquelas cuja pressão de operação é igual ou superior a 1.960 kPa (19,98 kgf/cm²); ou
- b) caldeiras da **categoria B** são aquelas cuja pressão de operação seja superior a 60 kPa (0,61 kgf/cm²) e inferior a 1.960 kPa (19,98 kgf/cm²)”.

O intervalo que as inspeções devem ocorrer é definido pelos itens 13.4.4.4 e 13.4.4.5:

“13.4.4.4 A inspeção de segurança periódica, constituída por exames interno e externo, deve ser executada nos seguintes **prazos máximos**:

- a) **doze meses** para caldeiras das categorias A e B;
- b) **dezoito meses** para caldeiras de recuperação de álcalis de qualquer categoria;
- c) **vinte e quatro meses** para caldeiras da categoria A, desde que aos doze meses sejam testadas as pressões de abertura das válvulas de segurança; ou
- d) trinta meses para caldeiras de categoria B com sistema de gerenciamento de combustão – SGC que atendam ao disposto no Anexo IV desta NR”.

“13.4.4.5 Estabelecimentos que possuam SPIE, conforme estabelecido no Anexo II, podem estender seus períodos entre inspeções de segurança, respeitando os seguintes prazos máximos:

- a) vinte e quatro meses para as caldeiras de recuperação de álcalis;
- b) vinte e quatro meses para as caldeiras da categoria B;
- c) trinta meses para caldeiras da categoria A; ou
- d) quarenta e oito meses para caldeiras de categoria A com Sistema de Instrumentação de Segurança – SIS, que atenda ao disposto no Anexo IV desta NR”.

Observação: O SPIE (Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos) é definido pelo Anexo II da NR13.

2.1.2 Vasos de Pressão

No glossário da NR13 é mencionada a definição dos Vasos de Pressão:

“Vasos de pressão: recipientes estanques, de quaisquer tipos, formato ou finalidade, capazes de conter fluidos sob pressões manométricas positivas ou negativas, diferentes da atmosférica, observados os critérios de enquadramento desta NR.”

Os vasos de pressão devem ser inspecionados de acordo com a sua Categoria. A NR13 define a Categoria dos vasos de pressão conforme o item 13.5.1.1.1:

“13.5.1.1.1 Os fluidos contidos nos vasos de pressão devem ser classificados conforme descrito a seguir:

Classe A:

- I - fluidos inflamáveis;
- II - fluidos combustíveis com temperatura superior ou igual a duzentos graus Celsius (200°C);
- III - fluidos tóxicos com limite de tolerância igual ou inferior a vinte partes por milhão (20 ppm);
- IV - hidrogênio;
- V - acetileno.





Classe B:

- I - fluidos combustíveis com temperatura inferior a duzentos graus Celsius (200°C);
- II - fluidos tóxicos com limite de tolerância superior a vinte partes por milhão (20 ppm).

Classe C:

- I - vapor de água;
- II - gases asfixiantes simples e;
- III - ar comprimido.

Classe D:

- I - outros fluidos não enquadrados nas classes anteriores”.

Do glossário da NR13:

“**Fluidos tóxicos:** fluidos nocivos à saúde dos trabalhadores, observado quanto ao limite de tolerância, o disposto na NR15”;

“**Fluidos inflamáveis:** líquidos que possuem ponto de fulgor menor ou igual a sessenta graus Celsius (60° C) ou gases que inflamam com o ar a vinte graus Celsius (20° C) e a uma pressão padrão de cento e um virgula três quilopascal (101,3 kPa)”.

“**Fluidos combustíveis:** são fluidos com ponto de fulgor maior que 60° C e menor ou igual a 93° C”.

A categoria dos vasos de pressão é definida em função da Classe do fluido, sua pressão de operação e o seu volume, conforme a Tabela 1 contida no item 13.5.1.1.3:

Classe do Fluido	Grupo de Potencial de Risco				
	1	2	3	4	5
A	I	I	II	III	III
B	I	II	III	IV	IV
C	I	II	III	IV	V
D	II	III	IV	V	V

Tabela 1 – Categorização de vasos de pressão

Os grupos de potencial de risco são definidos no item 13.5.1.1.3 da NR13:

“13.5.1.1.3 O grupo de potencial de risco do vaso de pressão deve ser estabelecido a partir do produto P.V, onde P é a pressão máxima de operação em MPA, em módulo, e V o seu volume em m³ (metro cúbico), conforme segue:

- a) Grupo 1 – P.V > 100;
- b) Grupo 2 – P.V < 100 e P.V > 30;
- c) Grupo 3 – P.V < 30 e P.V > 2,5;
- d) Grupo 4 – P.V < 2,5 e P.V > 1; ou
- e) Grupo 5 – P.V < 1.”





Notas:

- a) Considerar volume em m³ e pressão em MPa;
- b) Considerar 1 MPa correspondente a 10,197 kgf/cm².

O intervalo máximo das inspeções dos vasos de pressão é definido pelo item 13.5.4.5:

“13.5.4.5 A inspeção de segurança periódica, constituída por exames externo e interno, deve obedecer aos seguintes prazos máximos indicados na Tabela 2, com base na categoria do vaso:”

Categoria	Estabelecimento sem SPIE		Estabelecimento com SPIE ¹	
	Exame Externo	Exame Interno	Exame Externo	Exame Interno
I	1 ano	3 anos	3 anos	6 anos
II	2 anos	4 anos	4 anos	8 anos
III	3 anos	6 anos	5 anos	10 anos
IV	4 anos	8 anos	6 anos	12 anos
V	5 anos	10 anos	7 anos	a critério

Nota 1: Consideradas as tolerâncias previstas, de acordo com as alíneas ‘a’ a ‘h’ do item 1, do Anexo II.

Tabela 2 - Prazos máximos para as inspeções de segurança periódica

2.1.3 Tubulações

As tubulações são definidas no glossário da NR13:

“Tubulações: conjunto formado por tubos e seus respectivos acessórios, projetados por códigos específicos, destinadas ao transporte de fluidos”.

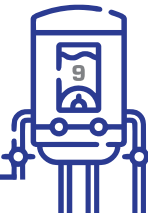
A definição das tubulações que se enquadram na Nr 13 é mencionada no item 13.2.1 alínea e:


“13.2.1 Esta NR deve ser aplicada aos seguintes equipamentos:

- e) tubulações que contenham fluidos de classe A ou B, conforme as alíneas “a” e “b” do subitem 13.5.1.1.1, ligadas a caldeiras ou vasos de pressão abrangidos por esta NR”.*

Exemplos deste enquadramento podem ser vistos em RODRIGUES, 2019:

- a) *“Tubulações de fluidos combustíveis e/ou inflamáveis que alimentam as caldeiras, tais como:*
 - Diesel;
 - Gás natural;
 - GLP (gás liquefeito de petróleo);
 - Licor Negro (resíduo de processo de fábricas de celulose);
 - Óleo combustível (Desde que atendam a norma NR20 – Combustíveis e Inflamáveis);
 - Xisto.





b) Tubulações de fluidos combustíveis e/ou inflamáveis que sejam interligados a vasos de pressão, tais como:
- Tubulações de GLP que saem de vasos de pressão para as mais diversas utilizações de processo, cocção (cozinha industrial), etc.

c) Tubulações de fluidos tóxicos que interligam vasos de pressão, tais como:
- Tubulações de amônia em circuitos de refrigeração nas indústrias de processamento de carnes, laticínios, bebidas em geral”.

O período de inspeção é definido na NR13 pelo item 13.6.2.2:

“13.6.2.2 Os intervalos de inspeção das tubulações devem atender aos prazos máximos da inspeção interna do vaso ou caldeira mais crítica a elas interligadas.”

2.1.4 Tanques de Armazenamento

A definição dos tanques de armazenamento que se enquadram na NR13 é mencionada no item 13.2.1 alínea f:

“13.2.1 Esta NR deve ser aplicada aos seguintes equipamentos:

f) tanques metálicos de armazenamento com diâmetro externo maior do que três metros, capacidade nominal acima de vinte mil litros, e que contenham fluidos de classe A ou B, conforme as alíneas “a” e “b” do subitem 13.5.1.1.1 desta NR”.

O período de inspeção é definido na NR13 pelo item 13.7.3.2:

“13.7.3.2 Os intervalos de inspeção de segurança periódica dos tanques devem atender aos prazos estabelecidos no programa de inspeção elaborado por responsável técnico, de acordo com códigos ou normas aplicáveis”.

2.2 Inspeção e Teste dos Dispositivos de Segurança

A NR13 define os dispositivos de segurança em seu glossário:

“Dispositivos de segurança: dispositivos ou componentes que protegem um equipamento contra sobrepressão manométrica, independente da ação do operador e de acionamento por fonte externa de energia. O dispositivo também pode ser projetado para evitar vácuo interno excessivo. Exemplos: válvulas de segurança, válvulas de alívio, válvulas de segurança e alívio, válvulas piloto operadas, discos de ruptura, quebra-vácuo.”

A ausência de dispositivos de segurança e de seu certificado de ajuste é considerado RISCO GRAVE E IMINENTE para a NR13 conforme o item 13.3.1:

“13.3.1 As seguintes situações constituem condição de grave e iminente risco:

a) operação de equipamentos abrangidos por esta NR sem os dispositivos de segurança previstos conforme nos subitens 13.4.1.2 “a”, 13.5.1.2 “a”, 13.6.1.2 e 13.7.2.1”.





O **RISCO GRAVE E IMINENTE** é motivo para interdição do equipamento da NR13, conforme o item 3.2.1 e 3.2.2 da NR3:

“3.2.1 Considera-se grave e iminente risco toda condição ou situação de trabalho que possa causar acidente ou doença com lesão grave ao trabalhador”. “3.2.2 Embargo e interdição são medidas de urgência, adotadas a partir da constatação de condição ou situação de trabalho que caracterize grave e iminente risco ao trabalhador”.

Para as **caldeiras** a exigência da NR13 é definida no item 13.4.1.2 alínea “a”:

“13.4.1.2 As caldeiras devem ser dotadas dos seguintes itens:

*a) válvula de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior a Pressão Máxima de Trabalho Admissível - PMTA, respeitados os requisitos do **código de construção** relativos a aberturas escalonadas e tolerâncias de pressão de ajuste”.*

Do glossário da NR13:

- “Código de construção: publicações normativas desenvolvidas por associações técnicas ou por sociedades de normatização, dotadas de um conjunto coerente de regras, exigências, procedimentos, fórmulas e parâmetros, oriundas de entidades nacionais, internacionais ou estrangeiras e utilizadas na construção dos equipamentos abrangidos por esta NR. Exemplos: ASME Boiler and Pressure Vessel Code, British Standards Institution, AD 2000 Merkblatt, SNCTTI, ABNT, entre outros”.

Para os **vasos de pressão** a exigência da NR13 é definida no item 13.5.1.2 alínea “a”:

“13.5.1.2 Os vasos de pressão devem ser dotados dos seguintes itens:

*a) válvula de segurança ou outro dispositivo de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior à PMTA, instalado diretamente no vaso ou no sistema que o inclui, considerados os requisitos do **código de construção** relativos a aberturas escalonadas e tolerâncias de pressão de ajuste”.*

Observação: Um exemplo de código de construção para vasos de pressão é a norma ASME VIII

Para as **tubulações** a exigência da NR13 é definida no item 13.6.1.2:

“13.6.1.2 As tubulações devem possuir dispositivos de segurança em conformidade com o respectivo código de construção, observado, quanto à frequência de inspeção e teste, o prazo máximo previsto no item 13.6.2.2 desta NR”.

Observação: Um exemplo de código de construção de tubulações é a norma ASME B31.3.

Para os **tanques de armazenamento** a exigência da NR13 é definida no item 13.7.2.1:

“13.7.2.1 Os tanques devem possuir dispositivos de segurança contra sobrepressão e vácuo conforme os critérios do código de construção utilizado, ou em atendimento às recomendações de estudo de análises de cenários de falhas”.

Observação: Um exemplo de código de construção de tanques de armazenamento é a norma API 620.



2.3 Treinamento dos operadores de caldeiras e vasos de pressão

Os operadores das caldeiras devem ser treinados e a ausência desta qualificação é considerada RISCO GRAVE E IMINENTE conforme o item 13.3.1 alínea f.

*"13.3.1 As seguintes situações constituem condição de grave e iminente risco:
f) operação de caldeira em desacordo com o disposto no item 13.4.3.3 desta NR".*

No Anexo I existe a definição com relação aos critérios para este treinamento conforme seu item 1.3.

"1.3 O treinamento de segurança na operação de caldeiras deve, obrigatoriamente:

- a) **ser supervisionado tecnicamente por PLH;***
- b) ser ministrado por instrutores com proficiência no assunto;*
- c) obedecer, no mínimo, ao currículo proposto no item 1.9 deste Anexo;*
- d) ser integrado com a prática profissional, conforme item 1.5 deste Anexo;*
- e) ter carga horária mínima de quarenta horas; e*
- f) estabelecer formas de avaliação de aprendizagem".*

Quando aos operadores dos vasos de pressão, somente é exigido o treinamento para os de Categoria I e II, conforme o item 2.1 e B1.4:

"2.1 A operação de unidades de processo que possuam vasos de pressão de categorias I ou II deve ser feita por profissional com treinamento de segurança na operação de unidades de processos".

"2.4 O treinamento de segurança na operação de unidades de processo deve obrigatoriamente:

- a) **ser supervisionado tecnicamente por PLH;***
- b) ser ministrado por instrutores com proficiência no assunto;*
- c) obedecer, no mínimo, ao currículo proposto no item 2.10 deste Anexo;*
- d) ser integrado com a prática profissional supervisionada, conforme item 2.6;*
- e) ter carga horária mínima de quarenta horas"; e*
- f) estabelecer formas de avaliação de aprendizagem."*

2.4 Plano de Manutenção para as Tubulações de Vapor de Água

A NR13 determina no seu item 13.6.2.6 que todas as tubulações de vapor de água possuam um Plano de Manutenção:

*"13.6.2.6 As tubulações de vapor de água devem ser mantidos em boas condições operacionais, de acordo com **um plano de manutenção**".*

Uma sugestão de RODRIGUES (2009) para este Plano de Manutenção é a seguinte:

"O Plano de manutenção pode conter:

- Inspeção com líquido penetrante nas juntas de dilatação;*
- Inspeção nos purgadores;*





- Inspeção nas válvulas de controle, redutoras de pressão, válvulas de segurança;
 - Inspeção nas válvulas de bloqueio (globo, gaveta, esfera, etc);
 - Medida de espessura nas curvas das tubulações de vapor;
 - Termografia para verificar "pontos frios" e "pontos quentes" no isolamento térmico das tubulações".
- "O histórico de ocorrências deve ser verificado tomando como prioridade as ocorrências mais graves, tais como:
- Golpes de Aríete;
 - Rompimentos;
 - Trincas;
 - Tubulações fora dos apoios;
 - Válvulas com necessidade de manutenção constante e repetitiva, etc".

3 O que de mais grave pode ocorrer com os equipamentos submetidos à pressão?

O que de mais grave que pode ocorrer com as caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques de armazenamento são **as explosões e os rompimentos**.

As causas destas explosões são diversas, mas as mais comuns são as seguintes:

3.1 Explosões de caldeiras

As principais causas das explosões de caldeiras são:

a) Falta de água

A ausência de água provoca superaquecimento das partes mecânicas (chapas e tubos) fazendo com que aja perda das propriedades mecânicas e os rompimentos. Devido à água estar a alta pressão e a alta temperatura (por exemplo, 183°C a 10 bar), a decompressão provoca uma reevaporação instantânea de parte desta água. A vazão deste vapor é apenas parte da água pressurizada, porém cada quilo de vapor a pressão atmosférica possui 1.725 litros de volume. Ou seja, esta expansão é suficiente para destruição da caldeira e de várias instalações próximas.

Devido ao alto risco, a NR13 define no item 13.3.1 na alínea "d" e no item 13.4.1.2 nas alíneas "c", "d" e "e", a prioridade quanto **ao controle do nível de água nas caldeiras**.

"13.3.1 As seguintes situações constituem condição de grave e iminente risco:



Figura 02 – Resultado de explosão de uma caldeira por falta de água (Fonte: Autor).



d) **ausência ou indisponibilidade operacional de dispositivo** de controle do nível de água na caldeira”.
“13.4.1.2 As caldeiras devem ser dotadas dos seguintes itens:

c) **injetor ou sistema de alimentação de água independente** do principal, nas caldeiras de **combustível sólido** não atomizado ou com queima em suspensão;

d) sistema **dedicado de drenagem rápida de água** em caldeiras de recuperação de álcalis, com ações automáticas após acionamento pelo operador; e

e) **sistema automático de controle** do nível de água com intertravamento que evite o superaquecimento por alimentação deficiente.”

b) Problemas de acendimento / Falha de chama

Principalmente nas caldeiras a óleo combustível e de gás ocorrem problemas de acendimento, em alguns casos com a injeção de combustível em alta vazão ou de forma indevida.

3.2 Explosões de vasos de pressão

A principal causa de explosões dos vasos de pressão é a **perda de espessura** das partes pressurizadas. Esta perda de espessura é normalmente provocada por corrosão.

Na Figura 03 é mostrado o resultado uma explosão de um reservatório de um compressor de ar. Já na Figura 04 se apresenta a indicação da parte mais corroída, a princípio por água parada na parte inferior do reservatório.



Figura 03 – Reservatório rompido (Fonte: Autor)



Figura 04 – Tampo do reservatório com a marca de “água”



3.3 Explosões de tubulações

As principais causas de explosões de tubulações são as seguintes:

a) Vazamentos

Os vazamentos de gás (GLP ou Gás Natural) ou fluidos tóxicos (por exemplo, amônia) podem provocar explosões. Um exemplo deste tipo de acidente pode ser visto na Figura 05.



Figura 05 - Explosão no Osasco Plaza Shopping mata mais de 40 pessoas (Fonte: zona de risco, 1996)

b) Golpes de aríete

A água acumulada em tubulações de vapor saturado provoca os golpes de Aríete que causam explosões e rompimentos. A velocidade máxima da água em tubulações deve ser 2,5 m/s; sendo que para vapor saturado a velocidade deve estar entre 20 e 30 m/s.

Na Figura 06 é mostrado um exemplo de explosão de tubulação de vapor por golpe de aríete.



Figura 06 - Rompimento de tubulação em Nova York (Fonte: Gauchazh, 2018)



4 O que deve conter os relatórios de inspeção?

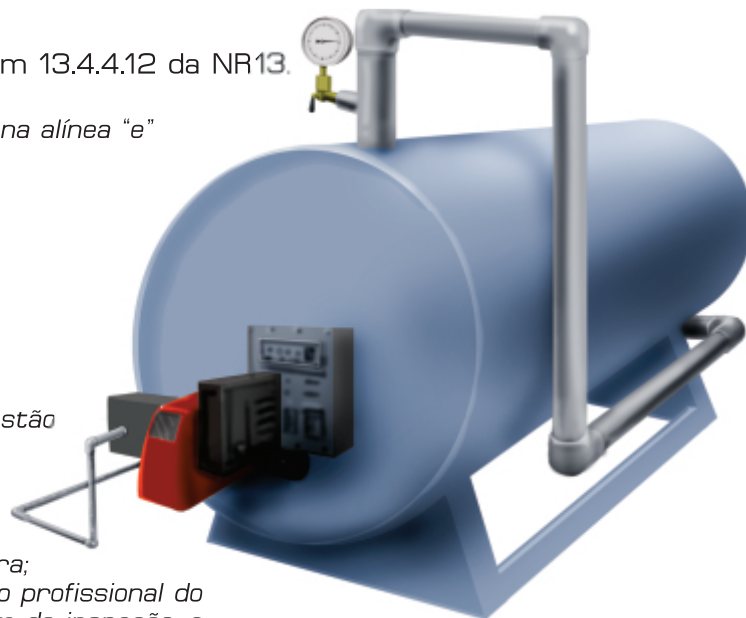
Os relatórios de inspeção dos equipamentos da NR13 devem constar todos os itens mencionados nesta norma, além de se verificar se estes equipamentos podem operar nas pressões para atender os processos.

4.1 Caldeiras

O relatório de inspeção de caldeiras deve atender ao item 13.4.4.12 da NR13.

“13.4.4.12 O relatório de inspeção de segurança, mencionado na alínea “e” do subitem 13.4.1.5, deve conter no mínimo:

- a) dados constantes na placa de identificação da caldeira;*
- b) categoria da caldeira;*
- c) tipo da caldeira;*
- d) tipo de inspeção executada;*
- e) data de início e término da inspeção;*
- f) descrição das inspeções, exames e testes executados;*
- g) registros fotográficos do exame interno da caldeira;*
- h) resultado das inspeções e intervenções executadas;*
- i) relação dos itens desta NR, relativos a caldeiras, que não estão sendo atendidos;*
- j) recomendações e providências necessárias;*
- k) parecer conclusivo quanto à integridade da caldeira até a próxima inspeção;*
- l) data prevista para a nova inspeção de segurança da caldeira;*
- m) nome legível, assinatura e número do registro no conselho profissional do PLH e nome legível e assinatura de técnicos que participaram da inspeção; e*
- n) número do certificado de inspeção e teste da válvula de segurança”.*



O **manual da caldeira** deve ser sempre considerado para se atender as recomendações do fabricante.

Os sistemas prioritários a serem verificados são:

- Suficiência de **suprimento de água**, ou seja, verificar se a bomba tem capacidade e pressão suficientes para alimentar a caldeira na sua máxima vazão;
- **Medição de espessura** em todas as partes submetidas à pressão;
- Desmontagem, verificação e teste do(s) sistema(s) de controle de nível de água;
- Verificação do funcionamento dos **pressostatos** (liga e desliga a caldeira por pressão);
- **Ajuste das válvulas de segurança** com as pressões definidas pelo fabricante;
- **Calibração do manômetro** e transmissores de pressão caso existam;





- Nas **caldeiras a óleo** as prioridades são: teste do dispositivo de falha de chama; resíduos de queima nos compartimentos de gases; resíduo de óleo na fornalha; pressão de óleo;
- Nas **caldeiras a gás** a prioridade é a verificação da estanqueidade das válvulas de bloqueio e confirmação de funcionamento do detector de vazamento de gás (item 13.4.2.4 alínea “d”);

“d) dispor de sensor para detecção de vazamento de gás quando se tratar de caldeira a combustível gasoso”;

- Nas **caldeiras a biomassa** a prioridade é a inspeção na fornalha; limpeza dos coletores de água das paredes com tubos; funcionamento e estado das grelhas; limpeza do injetor;
- Verificação de **ocorrências anormais** tais como: incrustações, corrosões, trincas, deformações, resíduos de tratamento de água, etc;
- Caso haja qualquer **redução de espessura** em partes submetidas à pressão deverá ser **recalculada a PMTA** (Pressão Máxima de Trabalho Admissível);
- O teste de acumulação é mencionado no item 13.4.4.9 da NR13;

“13.4.4.9 Adicionalmente aos testes prescritos nos subitens 13.4.4.7 e 13.4.4.8, as válvulas de segurança instaladas em caldeiras podem ser submetidas a testes de acumulação, a critério do PLH”.

Em RODRIGUES (2019) é mencionado a definição do teste de acumulação:

“O Teste de Acumulação é feito para verificar se a válvula (ou válvulas) de segurança instaladas em caldeiras tem capacidade de descarregar todo o vapor gerado, na máxima taxa de queima, sem permitir que a pressão interna suba para valores acima dos valores considerados no projeto (no caso de caldeiras projetadas pelo ASME, Seção I, este valor corresponde a 6% acima da PMTA)”.

- O teste hidrostático consiste na pressurização acima da PMTA conforme o código de projeto.

A ASME I define 50% acima da PMTA. Este teste é definido pelos itens 13.4.4.3 e 13.4.4.3.1 da NR13:

“13.4.4.3 As caldeiras devem obrigatoriamente ser submetidas a Teste Hidrostático TH em sua fase de fabricação, com comprovação por meio de laudo assinado por PLH.”

“13.4.4.3.1 Na falta de comprovação documental de que o Teste Hidrostático TH tenha sido realizado na fase de fabricação, se aplicará o disposto a seguir:

a) para as caldeiras fabricadas ou importadas a partir de 02 de maio de 2014, o TH correspondente ao da fase de fabricação deve ser feito durante a inspeção de segurança inicial; ou

b) para as caldeiras em operação antes de 02 de maio de 2014, a execução do TH correspondente ao da fase de fabricação fica a critério do PLH e, caso este julgue necessário, deve ser executado até a próxima inspeção de segurança periódica interna”.

Observação: Os relatórios de inspeção anteriores devem ser verificados, para a conferência se as “pendências” mencionadas foram sanadas e resolvidas.



4.2 Vasos de Pressão

O relatório de inspeção dos vasos de pressão deve atender ao item 13.5.4.11 da NR13.

“13.5.4.11 O relatório de inspeção de segurança, mencionado na alínea “d” do subitem 13.5.1.5, deve conter no mínimo:

- a) identificação do vaso de pressão;*
- b) categoria do vaso de pressão;*
- c) fluidos de serviço;*
- d) tipo do vaso de pressão;*
- e) tipo de inspeção executada;*
- f) data de início e término da inspeção;*
- g) descrição das inspeções, exames e testes executados;*
- h) registro fotográfico das anomalias detectadas do exame interno e externo do vaso de pressão;*
- i) resultado das inspeções e intervenções executadas;*
- j) recomendações e providências necessárias;*
- k) parecer conclusivo quanto a integridade do vaso de pressão até a próxima inspeção;*
- l) data prevista para a próxima inspeção de segurança;*
- m) nome legível, assinatura e número do registro no conselho profissional do PLH e nome legível e assinatura de técnicos que participaram da inspeção; e*
- n) número do certificado de inspeção e teste da(s) válvula(s) de segurança”.*

O **manual do vaso de pressão** deve ser sempre considerado para se atender as recomendações do fabricante. Os sistemas prioritários a serem verificados são:

- **Medição de espessura** em todas as partes submetidas à pressão;
- Verificação do funcionamento dos **pressostatos** dos compressores (liga e desliga o compressor por pressão);
- **Ajuste e teste das válvulas de segurança** com as pressões definidas pelo fabricante;
- **Calibração do manômetro** e transmissores de pressão caso existam;
- Verificação de **ocorrências anormais** tais como: incrustações, corrosões, trincas, deformações, resíduos de processo, etc;
- Caso haja qualquer redução de espessura em partes submetidas à pressão deverá ser recalculada a PMTA (Pressão Máxima de Trabalho Admissível);
- Caso haja a **redução de espessura** em partes submetidas à pressão, conforme as normas API 510, N2619 e ABNT NBR 15417 deverá ser calculada a Taxa de Corrosão e a Vida Remanescente:

$$\text{Taxa de Corrosão} = TC = \frac{t_i - t_e}{T} \quad [01]$$

$$\text{Vida Remanescente} = VR = \frac{t_e - t_m}{TC} \quad [02]$$

Em que: t_m = Espessura mínima (pressão de operação).





Do glossário da NR13:

“Vida remanescente (ou vida residual): estimativa de tempo restante de vida de um equipamento ou acessório, a partir de dados coletados em ensaios e testes destinados a monitorar os efeitos dos mecanismos de danos atuantes”.

Com o objetivo de dar maior clareza, mostra-se abaixo um exemplo prático e didático (dados não são reais).

Na inspeção de um reservatório de ar comprimido se detectou uma redução de espessura no tampo inferior tipo elíptico (a princípio por acúmulo de água). Dados:

- Pressão de operação = 6,0 bar (0,6 MPa);
- Diâmetro do vaso: $D = 1.000$ mm;
- Tensão admissível: $S = 95$ MPa (ASTM A 285);
- Eficiência das juntas soldadas: $E = 0,7$;
- Espessura inicial: $t_i = 9,5$ mm;
- Menor espessura encontrada: $t_e = 6,3$ mm;
- Tempo: $T = 8$ anos.

- Cálculo da espessura mínima.

Considera-se a pressão de operação com a fórmula do código de projeto ASME VIII Divisão 1 item UG32(d):

$$\text{Espessura mínima} = t_m = \frac{PD}{2SE - 0,2P} \quad (03)$$

$$t_m = \frac{0,6 * 1000}{2 * 95 * 0,7 - 0,2 * 0,6} = 4,5\text{mm}$$

- Cálculo da Taxa de Corrosão. Conforme fórmula 01:

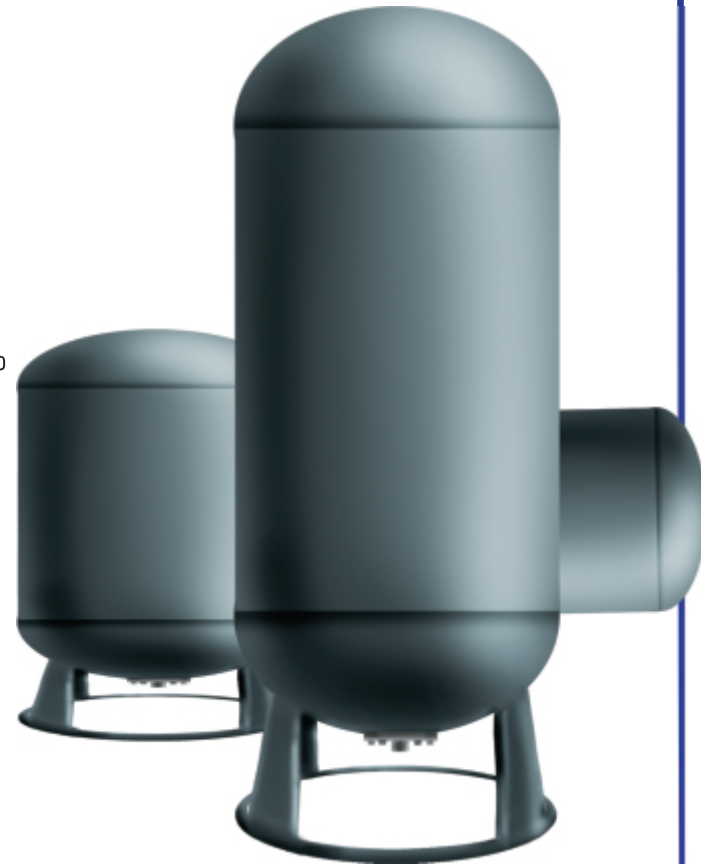
$$\text{Taxa de Corrosão} = TC = \frac{9,5 - 6,3}{8} = 0,4\text{mm / ano}$$

- Cálculo da Vida Remanescente. Conforme a fórmula 02:

$$\text{Vida Remanescente} = VR = \frac{6,3 - 4,5}{0,4} = 4,5 \text{ anos}$$

Observações:

- A norma **ABNT NBR 15417** recomenda que a próxima inspeção no vaso de pressão seja anterior a 50% da vida remanescente calculada. Ou seja, no exemplo acima a próxima inspeção deveria ocorrer no mais tardar a 2,25 anos da inspeção realizada;



- No Anexo B da norma **ABNT NBR 15417** é apresentado um relatório de inspeção bastante detalhado que se recomenda a avaliação do Profissional Habilitado para a sua utilização nos vasos de pressão mais perigosos (Categorias I, II e III).

4.3 Tubulações

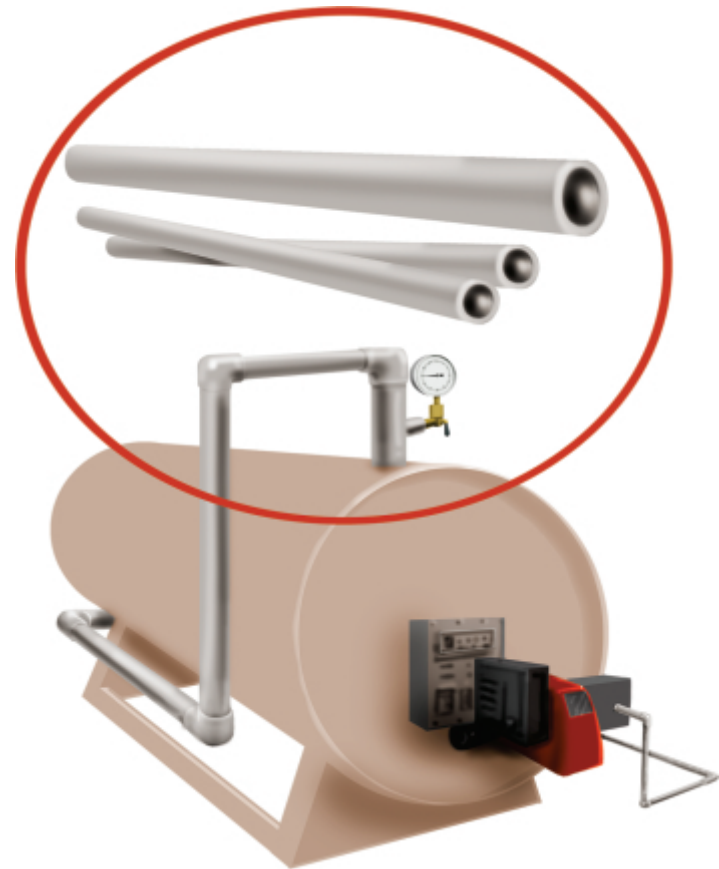
O relatório de inspeção de tubulações deve atender ao item 13.6.2.5 da NR13.

"13.6.2.5 O relatório de inspeção de segurança, mencionado na alínea "d" do subitem 13.6.1.4, deve ser elaborado em páginas

numeradas, contendo no mínimo:

- a) identificação da(s) linha(s) ou sistema de tubulação;*
- b) fluidos de serviço da tubulação, e respectivas temperatura e pressão de operação;*
- c) tipo de inspeção executada;*
- d) data de início e de término da inspeção;*
- e) descrição das inspeções, exames e testes executados;*
- f) registro fotográfico, ou da localização das anomalias significativas detectadas no exame externo da tubulação;*
- g) resultado das inspeções e intervenções executadas;*
- h) recomendações e providências necessárias;*
- i) parecer conclusivo quanto à integridade da tubulação, do sistema de tubulação ou da linha até a próxima inspeção;*
- j) data prevista para a próxima inspeção de segurança;*
- k) nome legível, assinatura e número do registro no conselho profissional do PLH e nome legível e assinatura de técnicos que participaram da inspeção".*

Para as tubulações é adotado o mesmo critério dos vasos de pressão com o cálculo da **Taxa de Corrosão e da Vida Remanescente**, conforme as normas N2555, API 570 e API 574. Ocorre que para as tubulações de gás, **tanto GLP quanto Gás Natural**, estes fluidos não corroem a tubulação por dentro. Ou seja, neste caso fica sem sentido medir as espessuras, salvo alguma corrosão externa acentuada. Para estes fluidos é recomendável conforme a norma **ABNT NBR 15358 a realização de teste de estanqueidade** para a verificação de eventuais vazamentos.





Na norma API 574 é definido uma tabela (Table 6) com as mínimas espessuras para aço carbono e aço liga:

Diâmetro nominal	Padrão de espessura mínima estrutural para temperaturas < 205°C (mm)	Espessura mínima de alerta para temperaturas < 205°C (mm)
1/2" a 1"	1,8	2,0
1.1/2"	1,8	2,3
2"	1,8	2,5
3"	2,0	2,8
4"	2,3	3,1
6" a 18"	2,8	3,3
20" a 24"	3,1	3,6

Table 6 – Mínimas espessuras para tubulações de aço carbono e de baixa liga

Com o objetivo de maior clareza, apresentam-se abaixo os dois exemplos apresentados na norma API 574:

a) Determine a mínima espessura requerida para uma tubulação com os seguintes dados:

- Diâmetro nominal = 2" (diâmetro externo = 60,325 mm);
- Material = ASTM A 106 Grau B (S = 137,9 MPa);
- Pressão de projeto = 100 psi (0,6895 MPa);
- E = 1,0 (tubulação sem costura);
- Y = 0,4 (aço carbono).

Utilizando a fórmula da norma ASME B31.3:

$$\text{Espessura} = t = \frac{PD}{2[(SE) + (PY)]} = \frac{0,6895 \cdot 60,325}{2[(137,9 \cdot 1) + (0,6835 \cdot 0,4)]} = 0,15 \text{ mm} \quad (04)$$

Comparando o resultado acima (0,15 mm) com o da "Table" 6 (**1,8 mm**) o maior resultado é exatamente o da Table 6.

a) Determine a mínima espessura requerida para uma tubulação com os seguintes dados:

- Diâmetro nominal = 14" (diâmetro externo = 355,6 mm);
- Material = ASTM A 106 Grau B (S = 137,9 MPa);
- Pressão de projeto = 600 psi (4,13685 MPa);
- E = 1,0 (tubulação sem costura);
- Y = 0,4.

Utilizando a fórmula da norma ASME B31.3:



$$\text{Espessura} = t = \frac{PD}{2[(SE)+(PY)]} = \frac{4,16895 \cdot 355,6}{2[(137,9 \cdot 1) + (4,13685 \cdot 0,4)]} = 5,258 \text{ mm}$$

Comparando o resultado acima (5,26 mm) com o da "Table" 6 (2,8 mm) o maior resultado é exatamente o calculado acima.

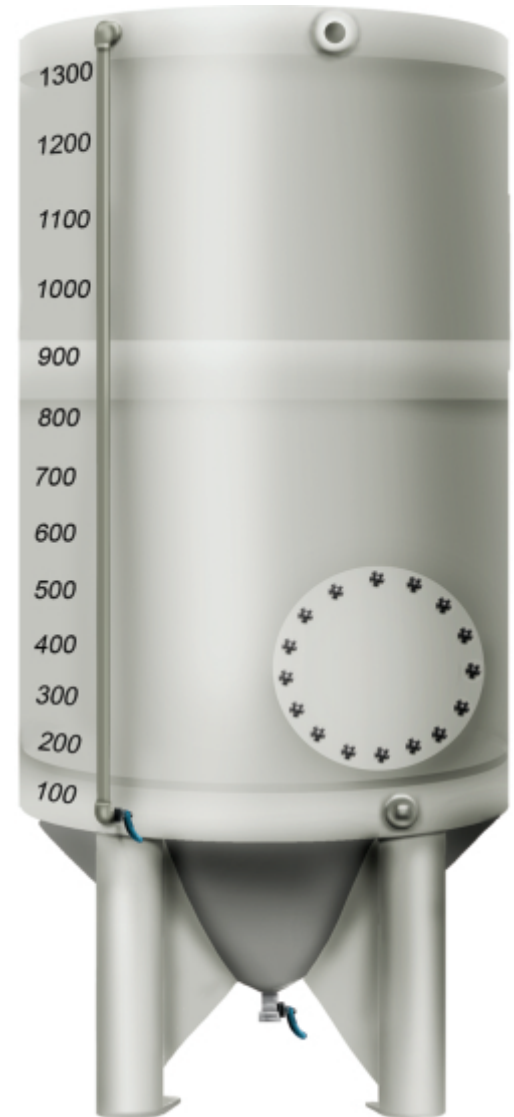
4.4 Tanques de Armazenamento

O relatório de inspeção de caldeiras deve atender ao item 13.7.1.4 da NR13.

"13.7.3.4 O relatório de inspeção de segurança, mencionado na alínea "c" do subitem 13.7.1.2 deve ser elaborado em páginas numeradas, contendo no mínimo:

- a) identificação dos tanques;*
- b) fluidos armazenados nos tanques, e respectiva temperatura de operação;*
- c) tipo de inspeção executada;*
- d) data de início e de término da inspeção;*
- e) descrição das inspeções, exames e testes executados;*
- f) registro fotográfico, ou da localização das anomalias significativas detectadas nos exames internos e externos dos tanques;*
- g) resultado das inspeções e intervenções executadas;*
- h) recomendações e providências necessárias;*
- i) parecer conclusivo quanto à integridade dos tanques até a próxima inspeção;*
- j) data prevista para a próxima inspeção de segurança;*
- k) nome legível, assinatura e número do registro no conselho profissional do responsável técnico formalmente designado pelo empregador e nome legível e assinatura de técnicos que participaram da inspeção" e,*
- l) certificado de inspeção e teste dos dispositivos de sobrepressão e vácuo".*

Para tanques de armazenamento é importante estar verificando o projeto do mesmo e as normas utilizadas neste projeto e construção. A inspeção pode ter como orientação as normas da Petrobrás N-2318 e N-2789; sendo que para as espessuras mínimas deve-se verificar a norma API 653.





5 Qual a documentação deve existir das caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques de armazenamento?

A documentação para cada tipo de equipamento da NR13 é definida nos respectivos itens.

5.1 Caldeiras

A documentação das caldeiras deve estar de acordo com o item 13.4.1.5 da NR13:

"13.4.1.5 Toda caldeira deve possuir, no estabelecimento onde estiver instalada, a seguinte documentação devidamente atualizada:

*a) **Prontuário da caldeira**, fornecido por seu fabricante, contendo as seguintes informações:*

I - código de projeto e ano de edição;

II - especificação dos materiais;

III - procedimentos utilizados na fabricação, montagem e inspeção final;

IV - metodologia para estabelecimento da PMTA;

V - registros da execução do teste hidrostático de fabricação;

VI - conjunto de desenhos e demais dados necessários para o monitoramento da vida útil da caldeira;

VII - características funcionais;

*VIII - **dados dos dispositivos de segurança**;*

IX - ano de fabricação;

X - categoria da caldeira;

*b) **Registro de Segurança**;*

*c) **Projeto de instalação**;*

*d) **Projeto de alteração ou reparo**;*

*e) **Relatórios de inspeção de segurança**;*

*f) **Certificados de calibração dos dispositivos de segurança**."*




5.2 Vasos de Pressão

A documentação dos vasos de pressão deve estar de acordo com o item 13.5.1.5 da NR13:

"13.5.1.5 Todo vaso de pressão deve possuir, no estabelecimento onde estiver instalado, a seguinte documentação devidamente atualizada:

*a) **prontuário do vaso de pressão** a ser fornecido pelo fabricante, contendo as seguintes informações:*



- 
- I - código de projeto e ano de edição;
 - II - especificação dos materiais;
 - III - procedimentos utilizados na fabricação, montagem e inspeção final;
 - IV - metodologia para estabelecimento da PMTA;
 - V - conjunto de desenhos e demais dados necessários para o monitoramento da sua vida útil;
 - VI - pressão máxima de operação;
 - VII - registros documentais do teste hidrostático;
 - VIII - características funcionais, atualizadas pelo empregador, sempre que alteradas as originais;
 - IX - dados dos dispositivos de segurança;
 - X - ano de fabricação;
 - XI - categoria do vaso;
- b) **Registro de Segurança;**
 - c) **Projeto de alteração ou reparo;**
 - d) **Relatórios de inspeção;**
 - e) **Certificados de calibração e testes dos dispositivos de segurança”.**

5.3 Tubulações

A documentação das tubulações deve estar de acordo com o item 13.6.1.4 da NR13:

“13.6.1.4 Todo estabelecimento que possua tubulações deve ter a seguinte documentação devidamente atualizada:

- a) especificações aplicáveis às tubulações** ou sistemas, necessárias ao planejamento e execução da sua inspeção;
- b) fluxograma de engenharia** com a identificação da linha e seus acessórios;
- c) projeto de alteração ou reparo;**
- d) relatórios de inspeção;**
- e) certificados de inspeção e teste dos dispositivos de segurança, se aplicável”.**

5.4 Tanques de Armazenamento

A documentação dos Tanques de Armazenamento deve estar de acordo com o item 13.7.1.2 da NR13:

“13.7.1.2 Todo estabelecimento que possua tanques enquadrados nesta NR deve ter a seguinte documentação devidamente atualizada:

- a) folhas de dados com as especificações** dos tanques necessárias ao planejamento e execução da sua inspeção;
- b) projeto de alteração ou reparo;**
- c) relatórios de inspeção de segurança;**
- d) registro de segurança;** e
- e) certificados de inspeção e teste dos dispositivos de segurança, se aplicável”.**





6 A inspeção pode ocorrer em caldeiras ou vasos de pressão sem prontuário? Como reconstituir o prontuário?

Não é recomendável executar inspeção de segurança em nenhum equipamento da norma NR13, quer seja caldeira, vaso de pressão, tubulações ou tanques de armazenamento que não possua prontuário (caldeiras e vasos de pressão); especificação e fluxograma de engenharia (tubulações); folha de dados e desenhos (tanques de armazenamento). Inicialmente deve-se reconstituir o prontuário, para que após isto seja realizada a inspeção do equipamento.

Os motivos são diversos:

- Não havendo a PMTA da caldeira ou vaso de pressão como se dimensiona ou realiza o ajuste da válvula de segurança? Lembrando que o dispositivo de segurança deve estar ajustado na PMTA ou abaixo da mesma e nunca acima da PMTA;
- Não se tem a definição dos materiais das partes submetidas à pressão. Com isto, não se possui a tensão admissível necessária para cálculo da espessura mínima;
- Não havendo desenhos com as espessuras iniciais, como definir se as espessuras medidas tiveram ou não reduções nas mesmas?

Por exemplo, na norma **ABNT NBR 15417** é mencionado nos itens 4.2.2 e 5.4.3:


6.1 Planejamento da Inspeção citado no seu item 4.2.2:

“Quando não existir prontuário completo do vaso de pressão ou que tenha extraviado, ou faltar o registro de segurança, o prontuário deve ser reconstituído pelo PH, de acordo com a NR13, devendo conter os seguintes documentos:

***a) Mapa de medições de espessura**, realizado por meio de ultrassom, ou outro meio adequado, de todos os elementos do vaso submetidos à pressão, assim como os elementos soldados nas partes pressurizadas;*

***b) Memória de cálculo do vaso de pressão**, com base no código de construção, levando-se em conta **as menores espessuras encontradas**, calculando a PMTA de todos os elementos do vaso, com a finalidade de determinação da PMTA do vaso. Também devem ser consideradas as cargas externas atuantes no vaso.*





c) **Desenhos** contendo todas as informações necessárias para o acompanhamento da vida útil do vaso, com dimensões, dados do código de construção adotado na reconstituição da memória de cálculo e demais informações necessárias para satisfazer a NR13;

d) **Desenho da nova plaqueta** de identificação conforme a NR13;

e) **Especificações dos dispositivos de segurança**;

f) **Abertura do registro de segurança**; e

g) Demais documentos exigidos pela NR13 ou mesmo determinados pelo RH, que será responsável pela reconstituição do prontuário”.

6.2 Inspeção de Reconstituição de Prontuário no seu item 5.4.3:

“Deve ser executada inspeção de reconstituição de prontuário quando o vaso de pressão instalado **não tiver o seu prontuário**, seja por inexistência ou extravio, que deve ser reconstituído pelo fabricante ou pelo PH de acordo com um código de construção a ser adotado e NR13. A reconstituição pode ser **total** (quando não houver quaisquer dos documentos obrigatórios de um prontuário) ou **parcial** (quando faltar documentos obrigatórios no prontuário) tomando os seguintes cuidados:

a) Efetuar inspeções denominadas periódicas **conjuntas**, tais como: interna, externa, e teste hidrostático nos moldes da NR13 e desta forma;

b) Elaborar todo o prontuário do vaso de pressão nas condições atuais em que se encontra, devendo ser complementado com projeto de alteração e reparo, caso necessário, assim como restabelecer todos os **desenhos e memórias** de cálculo;

c) Realizar no mínimo um **END** para análise das condições do vaso, e a medição de **espessura obrigatória através de ultrassom** conforme o código adotado pelo PH.

d) Fazer todas as considerações necessárias, registrando no **relatório de inspeção**, nos moldes da NR13 e desta Norma;

e) Abrir ou atualizar o **registro de segurança**, com as suas devidas anotações.

NOTA

No caso da dificuldade de levantamento dos **materiais do vaso**, a critério do PH, devem ser elaborados ensaios END ou outros necessários para levantamento do material do vaso. O PH deve **justificar as tensões utilizadas** para cálculo das PMTA das partes do vaso na memória de cálculo”.





7 Quem dimensiona as válvulas de segurança (dispositivos de segurança)?

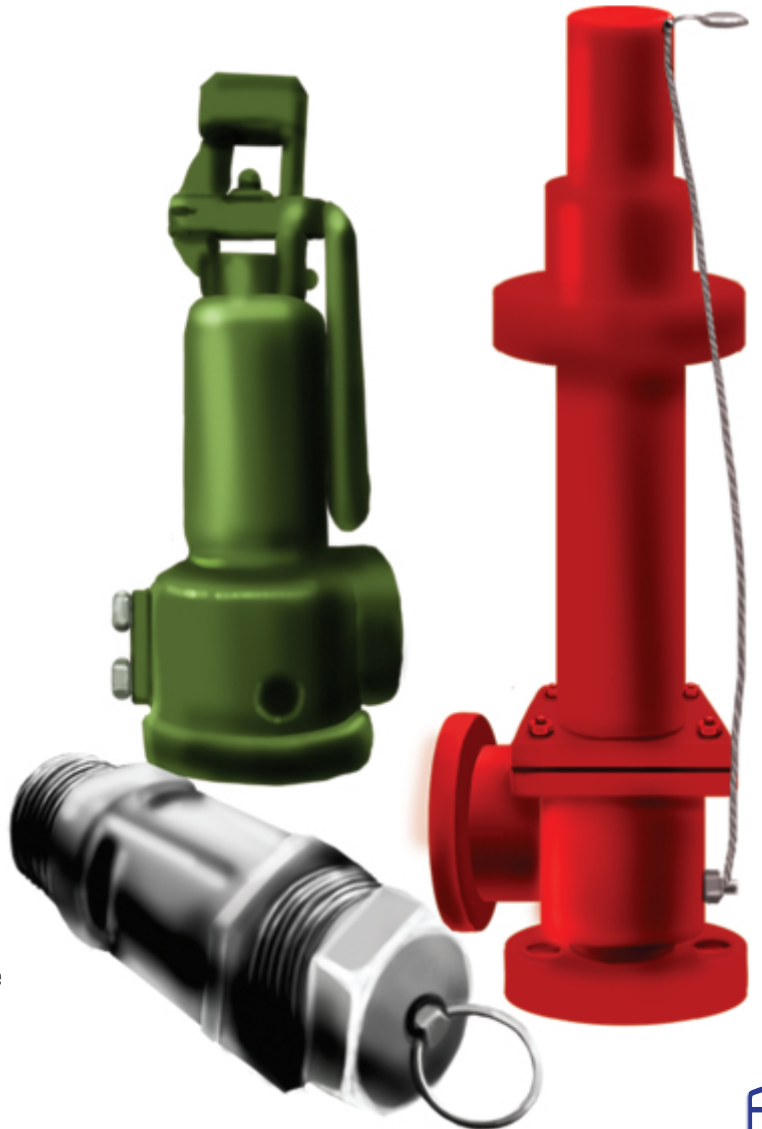
Os fabricantes das caldeiras e dos vasos de pressão dimensionam e especificam os dispositivos de segurança para estes equipamentos.

Estes documentos fazem parte do prontuário das caldeiras, conforme o item 13.4.1.5 alíneas "a" e "f". Nos vasos de pressão no item 13.5.1.5 alíneas "a" e "e" é mencionado esta exigência.

Porém, a cada inspeção de caldeira e de cada vaso de pressão o PLH deve-se ter a preocupação de verificar se os dispositivos de segurança **possuem a capacidade de aliviar a vazão** necessária **para despressurizar** estes sistemas.

As caldeiras possuem o teste de acumulação (citado no item 4.1 deste documento) que garante que a pressão não ultrapasse a 6% acima da PMTA, conforme a ASME I.

Já para os vasos de pressão esta definição fica a cargo do PLH. Ou seja, principalmente nas inspeções de "Reconstituição de Prontuário" uma das prioridades é exatamente o dimensionamento e a correta especificação do dispositivo de segurança que deve atender ao código de construção do vaso de pressão.



A norma API 520 define as fórmulas para o dimensionamento das válvulas de segurança e válvulas de alívio. Alguns fabricantes destas válvulas possuem softwares que ajudam muito neste dimensionamento.

Lembrando que a válvula de segurança para as caldeiras deve atender a um código de construção para estes equipamentos, por exemplo, ASME I (Figura 07). Repare que nestas válvulas de segurança existem anéis de ajuste para a regulagem da “Sobrepessão” e do “Blowdown ou diferencial de alívio”.

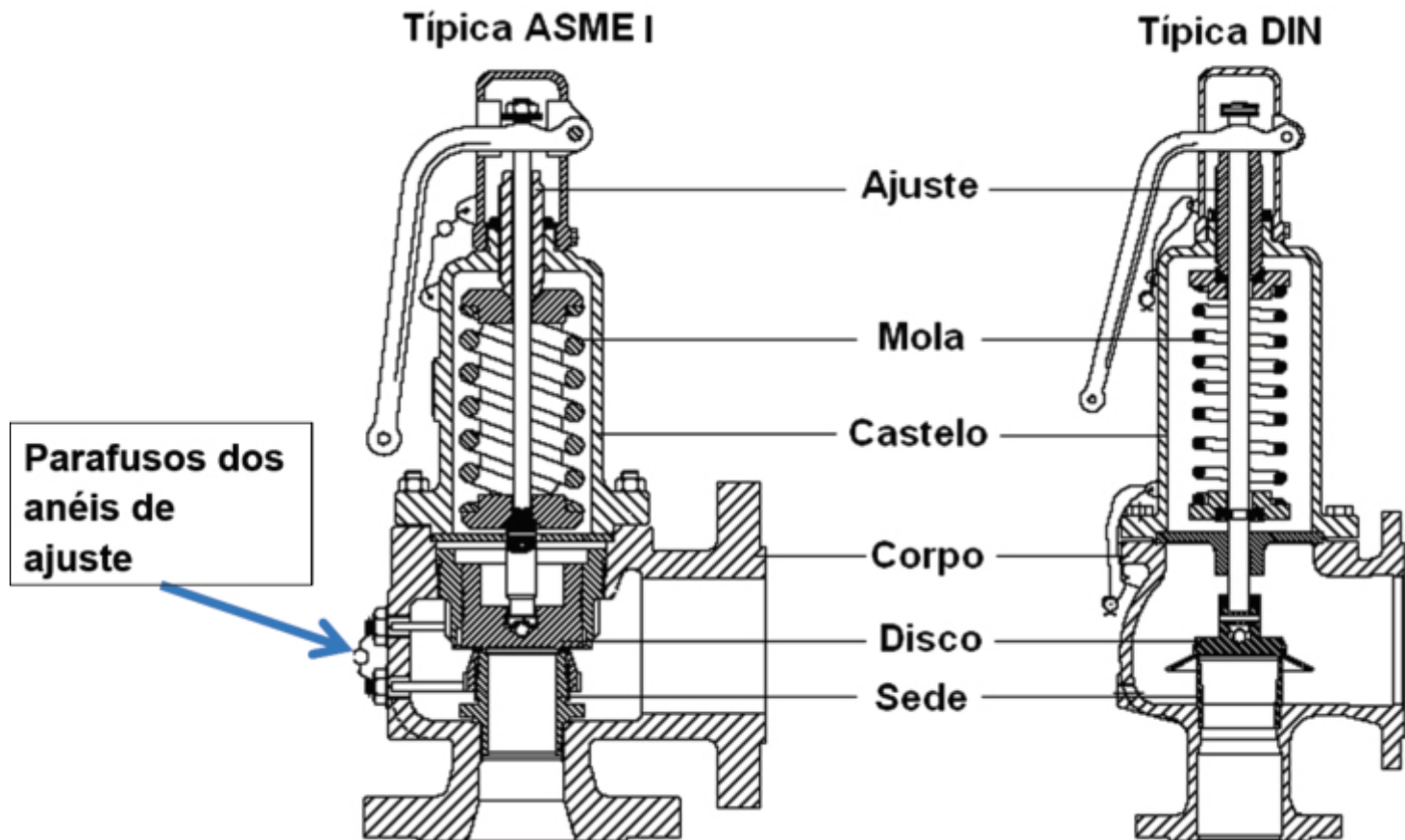


Figura 07 – Válvulas de Segurança ASME I e DIN (Fonte Spirax Sarco)



A definição é a seguinte:

-Sobrepresão (Overpressure): É o incremento de pressão em que o dispositivo de segurança apresenta a sua maior vazão de descarga. Expressa em percentual em relação a pressão de abertura.

-Diferencial de Alívio (Blowdown): Diferença entre a pressão de abertura e de fechamento. Na tabela abaixo, são apresentados estes percentuais.

Standard	Overpressure	Fluid	Blowdown
A.D. Merkblatt A2	Standard 10% full lift 5%	Steam	10%
	Standard 10% full lift 5%	Air or gas	10%
	10%	Liquid	20%
ASME I VIII	3%	Steam	2-6%
	10%	Steam	7%
	10%	Air or gas	7%
	10% (see Note 2 below)	Liquid	
EN ISO 4126	Value stated by manufacturer but not exceeding 10% of set pressure or 0.1 bar whichever is greater.	Compressible	Minimum 2% Maximum 15% or 0.3 bar whichever is greater.
		Incompressible	Minimum 2.5% Maximum 20% or 0.6 bar whichever is greater.

Repare que os percentuais de Overpressure e Blowdown para as caldeiras (ASME I) são respectivamente de 3% e de 2 a 6%. Já para os vasos de pressão (ASME VIII) estes valores são de 10% e 7%.

Por isto, que é muito importante que os dispositivos de segurança sejam dos respectivos códigos de construção dos equipamentos em que estejam instalados. Esta exigência se encontra detalhada nos itens 13.4.1.2 alinea "a" para as caldeiras e no item 13.5.1.2 alinea "a" para os vasos de pressão:

"13.4.1.2 As caldeiras devem ser dotadas dos seguintes itens:

*a) válvula de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior à Pressão Máxima de Trabalho Admissível - PMTA, **respeitados os requisitos do código de construção** relativos a aberturas escalonadas e tolerâncias de pressão de ajuste;"*

"13.5.1.2 Os vasos de pressão devem ser dotados dos seguintes itens:

*a) válvula de segurança ou outro dispositivo de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior à PMTA, instalado diretamente no vaso ou no sistema que o inclui, **considerados os requisitos do código de construção** relativos a aberturas escalonadas e tolerâncias de pressão de ajuste;"*



8 Em quais documentos o Ministério do Trabalho se baseia para elaborar as multas e interdições?

A Norma Regulamentadora 28 define os critérios para a elaboração de multas.

Na NR28 existe uma tabela (Anexo I) com a definição de Grau de Infração (I₁, I₂, I₃ ou I₄) juntamente com o número de empregados da empresa, caso algum item da NR13 não seja atendido.

No Anexo II se define para cada item da NR13 a infração, bem como o código da multa (Figura 08).

ANEXO I

(Alterado pela Portaria n.º 3, de 1º de julho de 1992)

GRADAÇÃO DE MULTAS (EM BTN)								
Número de Empregados	SEGURANÇA DO TRABALHO				MEDICINA DO TRABALHO			
	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄
01-10	630-729	1129-1393	1691-2091	2252-2792	378-428	676-839	1015-1254	1350-1680
11-25	730-830	1394-1664	2092-2495	2793-3334	429-498	840-1002	1255-1500	1681-1998
26-50	831-936	1665-1935	2496-2898	3335-3876	499-580	1003-1166	1501-1746	1999-2320
51-100	964-1104	1936-2200	2899-3302	3877-4418	581-662	1167-1324	1747-1986	2321-2648
101-250	1105-1241	2201-2471	3303-3718	4419-4948	663-744	1325-1482	1987-2225	2649-2976
251-500	1242-1374	2472-2748	3719-4121	4949-5490	745-826	1483-1646	2226-2471	2977-3297
501-1000	1375-1507	2749-3020	4122-4525	5491-6033	827-906	1647-1810	2472-2717	3298-3618
Mais de 1000	1508-1646	3021-3284	4526-4929	6034-6304	907-990	1811-1973	2718-2957	3619-3782

Anexo I - NR 28 - Cálculo de Multas

NR13			
item/Subitem	Código	Infração	Tipo
13.2.3	213494-2	4	S
13.3.1, alíneas "a", "b", "c", "d", "e" e "f"	213495-0	4	S
13.3.1.1	213496-9	4	S
13.3.1.1.1	213497-7	2	S
13.3.3	213593-0	4	S

Figura 08 - Parte da Tabela do Anexo II da NR28 com definição da Infração





9 Quais os critérios para se definir os fluidos combustíveis, inflamáveis e tóxicos nos vasos de pressão?

Os fluidos tóxicos têm o seu limite de tolerância definido pelo Quadro 1 da NR15 (Figura 09). Por exemplo, a amônia possui o limite de tolerância de 20 ppm e com isto se enquadra como fluido de Classe A.

AGENTES QUÍMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm*	mg/m3**	
Acetaldeído			78	140	máximo
Acetato de cellosolve		+	78	420	médio
Acetato de éter monoetílico de etileno glicol (vide acetato de cellosolve)			-	-	-
Acetato de etila			310	1090	mínimo
Acetato de 2-etóxi etila (vide acetato de cellosolve)			-	-	-
Acetileno			Axfixiante	simples	-
Acetona			780	1870	mínimo
Acetonitrila			30	55	máximo
Ácido acético			8	20	médio
Ácido cianídrico		+	8	9	máximo
Ácido clorídrico	+		4	5,5	máximo
Ácido crômico (névoa)			-	0,04	máximo
Ácido etanóico (vide ácido acético)			-	-	-
Ácido fluorídrico			2,5	1,5	máximo
Ácido fórmico			4	7	médio
Ácido metanóico (vide ácido fórmico)			-	-	-
Acrilato de metila		+	8	27	máximo
Acrilonitrila		+	16	35	máximo
Álcool I isoamílico			78	280	mínimo
Álcool n -butílico	+	+	40	115	máximo
Álcool isobutílico			40	115	médio
Álcool sec -butílico (2 -butanol)			115	350	médio
Álcool terc -butílico			78	235	médio
Álcool etílico			780	1480	mínimo
Álcool furfurfílico		+	4	15,5	médio
Álcool metil amílico (vide metil isobutil carbinol)			-	-	-
Álcool metílico		+	156	200	máximo
Álcool n -propílico		+	156	390	médio
Álcool isopropílico		+	310	765	médio
Aldeído acético (vide acetaldeído)			-	-	-
Aldeído fórmico (vide formaldeído)			-	-	-
Amônia			20	14	médio
Anidro sulfuroso (vide dióxido de enxofre)			-	-	-
Anilina		+	4	15	máximo

Figura 09 - Parte do Quadro 1 do da NR15 - Limite e Tolerância





A classificação de fluidos inflamáveis e combustíveis é definida pelo glossário da NR13 e de acordo com a NR20:

“Fluidos inflamáveis: líquidos que possuem ponto de fulgor menor ou igual a sessenta graus Celsius (60 °C) ou gases que inflamam com o ar a vinte graus Celsius (20 °C) e a uma pressão padrão de cento e um vírgula três quilopascal (101,3 kPa).”



LÍQUIDOS INFLAMÁVEIS

PONTO DE FUGOR $\leq 60^{\circ}\text{c}$



GASES INFLAMÁVEIS
INFLAMAM COM AR A 20°C, A UMA
PRESSÃO PADRÃO DE 101,3 kPa

“Fluidos combustíveis: fluidos com ponto de fulgor maior que 60°C e menor ou igual a 93°C. (Retificada em 20/10/2022)”



LÍQUIDOS COMBUSTÍVEIS

PONTO DE FUGOR
 $> 60^{\circ}\text{c}$ E $\geq 90^{\circ}\text{c}$





10 Por que as tubulações de vapor de água são mencionadas na NR13?

No item 13.2.2 alínea “q” é mencionado:

“13.2.2 Esta NR não se aplica aos seguintes equipamentos:

q) tubulações que operam com vapor, observado o disposto no subitem 13.6.2.6 desta NR;”

No item 13.6.2.6 é definido que:

“13.6.2.6 As tubulações de vapor de água devem ser mantidas em boas condições operacionais, de acordo com um plano de manutenção.”

O principal motivo são os “Golpes de Aríete”. Como já mencionado no item 3.3 alínea “b” deste documento, estes golpes são suficientes para romper tubulações, juntas e acessórios tais como filtros e válvulas. Exemplos podem ser vistos nas Figuras 10 e 11.



Figura 10 – Filtro Y rompido devido a golpe (Fonte: Spirax Sarco)

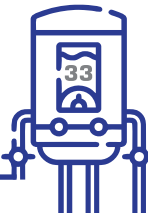


Figura 11 – Válvula globo rompida devido a golpe (Fonte: Spirax Sarco)

Uma das providências para se evitar o acúmulo de água nas tubulações de vapor é a correta instalação de drenagens. Esta necessidade já foi mencionada neste documento no seu item 2.4 para atender a exigência da NR13 (item 13.6.2.6) quanto ao “Plano de Manutenção” a ser elaborado.

Por outro lado, existem diversos vasos de pressão que possuem como fluido o vapor saturado. São diversos tipos de equipamentos tais como cozinhadores, cilindros secadores, reatores, painéis que devem ter os seus respectivos dispositivos de segurança.

Ocorre que em muitas aplicações os equipamentos a vapor não suportam a pressão da caldeira. Necessitam de válvulas de redução de pressão. Uma das ocorrências frequentes é a falta de dispositivos de segurança após estas válvulas redutoras de pressão. E em alguns casos, as válvulas de segurança não são dimensionadas pela vazão máxima que pode passar pelas válvulas redutoras e/ou das válvulas de controle existentes.





11 Como deve ser executada a inspeção nos equipamentos para atender a NR13?

Como já mencionado, a inspeção deve atender plenamente a todos os itens da NR13.

Além do relatório de inspeção de segurança estar de acordo com a NR13, como detalhado no item 4 deste documento; deve-se emitir a ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) do CREA conforme mencionado no item 2 deste documento:

- 2.1: Inspeções das caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques de armazenamento;
- 2.2: Calibrações dos dispositivos de segurança;
- 2.3: Treinamentos dos operadores das caldeiras e vasos de pressão das Categorias I e II;
- 2.4: Plano de Manutenção para as tubulações de vapor de água.

O Guia 05 do IBP (Instituto Brasileiro de Petróleo) detalha de forma criteriosa a inspeção em Caldeiras. O Guia 06 do IBP é dedicado para Inspeção em Tubulações. O Guia 08 do IBP é para Inspeção em Vasos de Pressão. E o Guia 09 do IBP para Inspeção em Tanques de Armazenamento. Já as Válvulas de Segurança e Alívio tem no Guia 10 do IBP a sua inspeção detalhada.

A norma ABNT NBR 15417 cita no seu item 7.1 a obrigatoriedade da utilização da medição das espessuras nas partes submetidas a pressão. Esta tarefa é considerada um Ensaio Não Destrutivo (END). Outros END podem ser utilizados e são mencionados nesta norma:

- 7.2: Partícula Magnética;
- 7.4: Ultrassom;
- 7.5: Líquido Penetrante;
- 7.7: Outros ensaios: ACFM (item 7.3); Emissão acústica (item 7.6); etc.

Na norma N-2619 da Petrobrás são mencionados no seu item 6, além destes END outros ensaios não destrutivos:

- Radiografia;
- Réplica Metalográfica;
- Dimensional;
- Termografia.

Com isto, é usual a necessidade dos certificados de calibração dos equipamentos utilizados para a execução dos END, bem como a certificação e/ou qualificação dos técnicos que elaboraram estes ensaios.





12 O que pode ocorrer devido a explosões com danos materiais e morte de pessoas?

A legislação brasileira é bastante abrangente com relação às consequências de danos e/ou explosões nos equipamentos da norma NR13.

Cita-se abaixo a legislação mais adotada nestes casos:

- CLT (Consolidação das Leis do Trabalho) seção XII no seu artigo 187:

“As caldeiras, equipamentos e recipientes em geral que operam sob pressão deverão dispor de válvula e outros dispositivos de segurança, que evitem seja ultrapassada a pressão interna de trabalho compatível com a sua resistência (Lei 6.514 de 22/12/1977)”.

- CDC (Código de Defesa do Consumidor) no seu artigo 6º item I:

*“São direitos básicos do consumidor a proteção à vida, saúde e segurança **contra riscos** provocados por práticas no fornecimento de produtos e serviços considerados perigosos ou nocivos (Lei 8.078 de 11/09/1990)”.*

- Código Civil no seu artigo 927:

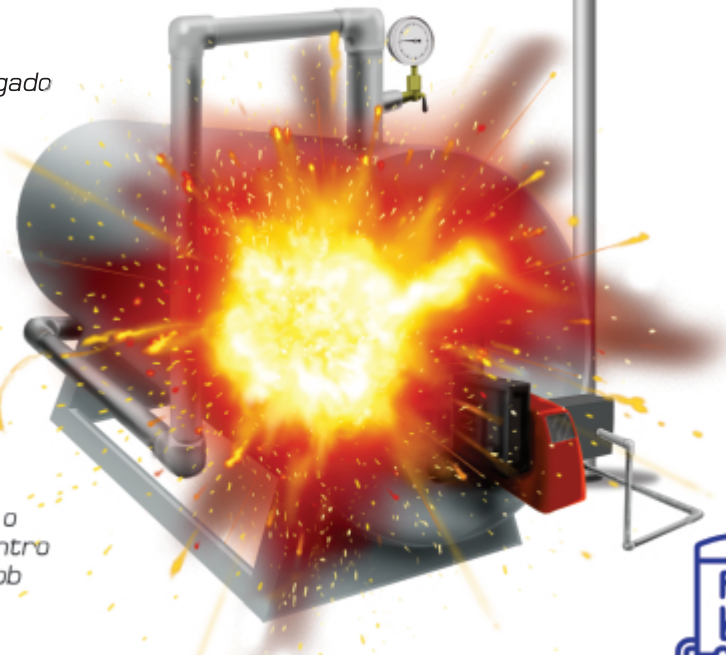
“Aquele que por ato ilícito, causar dano a outrem, fica obrigado a repará-lo (Lei 10.406 de 10/01/2002)”.

- Código Penal no seu artigo 121 e parágrafo 3º:

“Homicídio culposo, ou seja, aquele que não tem intenção de matar (Lei 2.848 de 07/12/1940)”.

- CREA:

*“O engenheiro que, no exercício de sua atividade, lesa alguém tem a obrigação legal de cobrir os prejuízos, sob pena inclusive, de suspensão do exercício profissional”.
“A escolha dos materiais a serem empregados na obra ou serviço é da competência exclusiva do profissional. Quando o material não estiver de acordo, com a especificação, ou dentro dos critérios de segurança, o profissional deve rejeitá-lo, sob pena de responder por qualquer dano futuro”.*





Em caso de acidente ocorre normalmente:

- a) **Danos Materiais:** Processo Civil;
- b) **Mortes de pessoas:** Processo Penal.

As ações jurídicas podem ocorrer em consequência a acidentes:

Ação civil contra a empresa:

- Provar culpa;
- Busca a indenização;
- Quem paga é a empresa.

Ação civil pública:

- Visa proteger o direito coletivo;
- Imposto pelo Ministério Público;
- Muito espaço na imprensa.

Ação Penal contra as pessoas:

- Independente ou não da Ação Civil;
- Tem aspecto de punição;
- Contra os profissionais.





Bibliografia

- ABNT NBR 15358. Rede de distribuição interna para gases combustíveis em instalações industriais Projeto e execução. ABNT. São Paulo. 2008.
- ABNT NBR 15417. Vasos de Pressão – Inspeção de segurança em serviço. ABNT. São Paulo. 2007.
- AD Merkblatt A2. Safety Devices Against Excess Pressure - Safety valves.2010.
- API RP 510. Pressure Vessel Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration. American Petroleum Institute. Washington. 2006.
- API RP 520. Sizing, Selection and Installation of Pressure-relieving Devices in Refineries. American Petroleum Institute. Washington. 2008.
- API 570 – Piping Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair and Alteration of Piping Systems. Washington. 1998 (Second Edition) e 2009 (Third Edition).
- API 574 - Inspection Practices for Piping System Components. Washington. 1998 (Second Edition) e 2009 (Third Edition).
- API 620 - Recommended rules for design and construction of large welded, low-pressure storage tanks;
- API 653 - Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction. Washington. 2008.
- ASME Section I. Rules for Construction of Power Boilers. New York. 2010.
- ASME Section VIII Divisão 1. Rules for Construction of Pressure Vessels. New York. 2007.
- ASME B31.3. Process Piping. New York. 2004.
- IBP. Guia 05. Inspeção de Caldeiras. Rio de Janeiro/RJ. 2020. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/personalizado/uploads/2020/09/guia-de-inspecao-de-caldeiras-2020.pdf>
- IBP. Guia 06. Inspeção em Tubulações. Rio de Janeiro/RJ. 2017. Disponível em: <https://biblioteca.ibp.org.br/scripts/bnmapi.exe?router=upload/29544>
- IBP. Guia 08. Inspeção em Vasos de Pressão. Rio de Janeiro/RJ. 2017. Disponível em: <https://biblioteca.ibp.org.br/scripts/bnmapi.exe?router=upload/29546>
- IBP. Guia 09. Inspeção de Tanques de Armazenamento. Rio de Janeiro/RJ.2020. Disponível em: <https://biblioteca.ibp.org.br/scripts/bnmapi.exe?router=upload/32398>
- IBP. Guia 10. Inspeção em Válvulas de Segurança e Alívio. Rio de Janeiro/RJ. 2017. Disponível em: <https://biblioteca.ibp.org.br/scripts/bnmapi.exe?router=upload/32398>
- Lei 2.878. Código Penal. Câmara dos Deputados. Brasília/DF. 07/12/1940.
- Lei 6.514. CLT – Consolidação das Leis do Trabalho. Brasília/DF. 22/12/1977.
- Lei 8.078. Código de Defesa do Consumidor. Câmara dos Deputados. Brasília/DF. 11/09/1990.
- Lei 10.406. Código Civil. Câmara dos Deputados. Brasília/DF. 10/01/2002.
- N-2318. Inspeção em Serviço de Tanque de Armazenamento Atmosférico. 2003.
- N-2555. Inspeção em Serviço de Tubulações. Petrobrás. 2000.
- N-2619. Inspeção em Serviço de Vasos de Pressão. Petrobrás. 2000.
- N-2789. Inspeção em Serviço de Tanques Atmosféricos de Uso Geral. 2004.
- NR3. Embrago e Interdição. MTE. 2019.
- NR13. Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques de Armazenamento. MTE. SIT. DSST. Brasília, 2022.
- NR15. Atividades e Operações Insalubres. MTE. 2021.
- NR20. Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis. MTE. 2022.
- NR28. Fiscalização e Penalidades. MTE. 2024.
- RODRIGUES, M. L. M. NR13 Comentada e Atualizada com a Portaria 1.082. 2019.
- SPIRAX SARCO. Válvulas de Segurança / Alívio. Cotia, São Paulo. 2005.





FICHA TÉCNICA

REALIZAÇÃO

ABEMEC-MG Associação de Engenharia Mecânica e Industrial de Minas Gerais

COLABORAÇÃO

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

EQUIPE TÉCNICA

COORDENAÇÃO

Eng. Mecânico Marcos Luiz de Macedo Rodrigues

MSc. Sistemas Térmicos e Fluidos

Diretor da ABEMEC-MG Associação de Engenharia Mecânica e Industrial de Minas Gerais

Supervisor de Engenharia da Spirax Sarco Brazil

Eng. Mecânico Ronaldo Chartuni Bandeira

Presidente da ABEMEC-MG Associação de Engenharia Mecânica e Industrial de Minas Gerais

Eng. Mecânico Flávio Júnio Dutra de Deus

Vice-presidente da ABEMEC-MG Associação de Engenharia Mecânica e Industrial de Minas Gerais

GERENCIAMENTO

Lorena Laís Rezende Freitas

Gerente de Projeto da ABEMEC-MG Associação de Engenharia Mecânica e Industrial de Minas Gerais

REVISÃO GRAMATICAL E ORTOGRÁFICA

Roz Mery Nogueira Teles

DIAGRAMAÇÃO, PROJETO GRÁFICO E ARTE

Márcio Eduardo Ferreira - *MARDUF PRODUÇÕES AUDIOVISUAIS*

ILUSTRAÇÕES

Fernando Pereira dos Santos

Márcio Eduardo Ferreira



RT3

2024

REALIZAÇÃO



ASSOCIAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA
E INDUSTRIAL DE MINAS GERAIS

COLABORAÇÃO



CREA-MG
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais



90 ANOS



CARTILHA NR13

REALIZAÇÃO



ASSOCIAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA
E INDUSTRIAL DE MINAS GERAIS

COLABORAÇÃO



CREA-MG
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Minas Gerais

